

学校编码: 10384

分类号____密级____

学号: 17720111151119

UDC____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

基于聚类—禁忌算法的卷烟配送路线优化

Route Optimization of Tobacco Distribution Based on
Clustering-Tabu Search Algorithm

韦 晶

指导教师姓名: 张存禄 教授

专 业 名 称: 物 流 工 程

论文提交日期: 2014 年 04 月

论文答辩时间: 2014 年 05 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席:

评阅人:

2014 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(“基于组织免疫的供应链风险管理研究”)课题(组)的研究成果,获得(国家自然科学基金 71072054)课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

作为烟草物流体系终端环节的地级市烟草物流中心,负责按订单把成品卷烟配送给零售商户。卷烟配送路线规划决定了物流成本和配送效率,关系到企业经济效益实现和卷烟客户满意度的提高,是企业核心竞争力提升和生存、发展的大问题。

本文以卷烟配送路线优化问题为研究对象,以降低配送成本提高配送效率为目标,构建了卷烟配送路线优化问题的数学模型。通过分析现有卷烟配送路线优化问题的研究现状,结合 A 烟草公司 B 中转站的卷烟配送现状,选取了先分组后路线的两阶段算法对研究问题进行求解。算法的核心思路为,首先采用 k-means 聚类算法划分配送区域,接着在单个配送区域内采用禁忌搜索算法进行路线优化。在对初始优化结果进行分析时,发现部分路线存在车辆能力剩余的问题,因此利用禁忌搜索算法的结果调整配送区域。

卷烟配送路线优化问题具有特殊的行业配送特点,本文为 A 烟草公司 B 中转站提供了一套较为完整的卷烟配送路线优化方案,对具有相似配送特点行业的物流配送具有一定的参考价值。

关键词: 车辆路径问题; k-means 算法; 禁忌搜索算法

Abstract

As the terminal link of tobacco logistics system, the logistics center of a prefecture level tobacco company is in charge of cigarette distribution according to orders. How the delivery route works has a great influence on the logistics cost and distribution efficiency. A good route planning can help realize enterprise's economic benefit, improve customer satisfaction and enhance the core competitiveness of enterprises.

By analyzing both the current researches on route optimization of cigarette distribution and the current status of cigarette distribution in transfer station B of tobacco company A, the study uses the method of combining mathematical modeling and Two-phase heuristic in order to reduce the distribution cost, improve the efficiency of distribution. The core concept is to solve the problem in three stages. First of all, we divide the delivery region into several parts with K-means Algorithm. Second, we optimize the distribution routes in single delivery region with Tabu Search Algorithm. Finally, as there is residual loading capacity in some routes, we adjust the delivery regions by the results we get in the second step.

This thesis selects transfer station B of tobacco company A for the study and provides a route optimization. As a route optimization of tobacco distribution has its special industrial characteristics, it has a certain reference value for logistics distribution of some companies with the same Distribution characteristics.

Key words: Vehicle Routing Problem; K-means Algorithm; Tabu Search Algorithm

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 选题背景和研究意义	1
1.1.1 选题背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 研究现状综述	3
1.3 研究内容	9
1.4 论文结构安排	10
1.5 本章小结	11
第 2 章 相关理论基础	12
2.1 车辆路径问题	12
2.2 卷烟配送路线优化问题	16
2.2.1 烟草物流的定义	16
2.2.2 卷烟配送路线优化问题的算法	16
2.2.3 合适算法的选择	18
2.3 k-means 聚类算法	20
2.3.1 k-means 算法基本原理	20
2.3.2 k-means 算法流程	21
2.3.3 K-means 算法的优缺点	22
2.3.4 K-means 的关键参数设置	24
2.4 禁忌搜索算法	26
2.4.1 禁忌搜索算法基本原理	26
2.4.2 禁忌搜索算法流程	26
2.4.3 禁忌搜索算法的优缺点	27
2.4.4 禁忌搜索算法的关键参数设置	28
2.5 本章小结	31

第 3 章 A 烟草公司卷烟配送现状分析	32
3.1 卷烟销售物流现状	32
3.2 卷烟物流资源现状	35
3.3 卷烟配送现存问题	37
3.4 本章小结	40
第 4 章 B 中转站卷烟配送路线优化	41
4.1 问题提出与描述	41
4.1.1 B 中转站基本信息	41
4.1.2 问题提出与描述	45
4.2 k-means 聚类算法划分配送区域	48
4.3 禁忌搜索算法优化配送路线	50
4.4 调整配送区域	53
4.5 优化结果及对比分析	57
4.6 本章小结	63
第 5 章 结论与展望	64
5.1 总结	64
5.2 展望	64
附 录	66
参考文献	66
致 谢	94

CONTENTS

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Research Background and Significance	1
1.1.1 Background	1
1.1.2 Significance	2
1.2 Review of Research	3
1.3 Research Content	9
1.4 Thesis Structure	10
1.5 The Summary of This Chapter	11
Chapter 2 Overview of the Theory	12
2.1 Vehicle Routing Problem	12
2.2 Optimization of Tobacco Distribution.....	16
2.2.1 Definition	16
2.2.2 Solving Method	16
2.2.3 Method Selection	18
2.3 K-means Algorithm.....	20
2.3.1 Algorithmic Principle	20
2.3.2 Algorithm Flow	21
2.3.3 Advantages and Disadvantages	22
2.3.4 Key Parameters Setting	24
2.4 Tabu Search Algorithm.....	26
2.4.1 Algorithmic Principle	26
2.4.2 Algorithm Flow	26
2.4.3 Advantages and Disadvantages	27
2.4.4 Key Parameters Setting	28
2.5 The Summary of This Chapter	31

Chapter 3 Status Analysis of Company A	32
3.1 Logistics Status of Cigarette Sale	32
3.2 Logistics Resources Status.....	35
3.3 Existing Problems of Cigarette Distribution	37
3.4 The Summary of This Chapter	40
Chapter 4 Route Optimization of Transfer Station B	41
4.1 Problem Description	41
4.1.1 Basic Information of Transfer Station B	41
4.1.2 Problem Description	45
4.2 Result of K-means Algorithm	48
4.3 Result of Tabu Search Algorithm	50
4.4 Result Adjusted	53
4.5 Optimization Result Analysis	57
4.6 The Summary of This Chapter	63
Chapter 5 Conclusion and Implication.....	64
5.1 Conclusion	64
5.2 Future Research	64
Reference	66
Appendix.....	66
Acknowledgement.....	94

第 1 章 引言

1.1 选题背景和研究意义

1.1.1 选题背景

烟草行业作为特殊行业，目前实行国家烟草专卖制度，即统一领导、垂直管理和专卖专营。按行政区设置省级、地区级和县级烟草公司，对所在地区的烟草及其制品的生产和流通均实行专卖。专卖制度决定了流通体制，烟草工业企业只负责生产而没有卷烟销售资格，卷烟销售必须依靠具有卷烟经营权的各级烟草公司完成。

入世后，自由贸易规则的普遍推行将使烟草专卖体制面临多方压力，国家对烟草已逐步实行关税减让政策，配额和许可证管理有所放松，取消烟草专卖制度的压力将不断增加。宏观上看，烟草行业制度改革的基本方向是在保持平稳过渡的前提下，对现行专卖管理制度进行调整、完善与补充，使之更加符合市场经济发展和国民健康的需要，最终由国家垄断（法定专卖）过渡到经济垄断（市场专卖）。行业资源的配置形式将发生重大改变，市场调节逐步取代行政计划，甚至可能出现行政职能与企业经营的分离。

取消烟草专卖体制后，国外烟草巨头将凭借其强大的营销能力和品牌效应对中国烟草业产生巨大冲击。在烟草行业产业链中，商业企业的使命贯穿于物流配送、订单处理、批发经营、终端零售等环节，这些环节又集中体现于卷烟销售网络的建设与维护。烟草商业企业在取消烟草专卖制度前，应通过建立适应市场经济的现代化烟草销售网络，并结合现代物流配送网络，提高核心竞争力。力图将烟草行政垄断转变为经济垄断，从而保证民族烟草和持续发展。

中国烟草近年来不断进行多项重大改革，包括在烟草商业企业中大规模建设卷烟销售网络，推行卷烟集中配送模式，以期达到控制卷烟零售终端，并进一步控制卷烟消费市场的目的。烟草卷烟配送具有长期性、客户分散、品种多、数量大及季节波动大等特点，自 2002 年我国烟草商业企业开始实行“电话订货、网

上配货、电子结算、现代物流”的现代流通方式。随着业务的发展和信息化建设的不断深入，行业内形成了“以信息化带动烟草行业现代化建设”的基本共识，初步形成了“数字烟草”的行业信息化建设格局。

目前我国现有卷烟配送中心的车辆配送管理的方案主要有两种：一是通过人工优化的方法制定固定的配送路线与装车配载方案；二是采用相应算法对路线和装车配载进行优化。自我国烟草商业企业实行现代流通方式后，后者成为主流，各市烟草公司借助信息化平台逐步优化现有物流配送体系。

1.1.2 研究意义

烟草行业在国民经济中占有重要地位。取消烟草专卖体制的压力使中国烟草行业面临着前所未有的挑战，提高自身核心竞争力是关键。

现阶段烟草行业的核心竞争力主要为生产国式卷烟所需的产品技术和卷烟配送的物流技术。目前市场上生产设备和辅助材料趋于同质化，及时有效地响应市场需求已成为企业竞争的重要内容。

国际一流卷烟品牌如“555”、“万宝路”在市场上与日俱增的占有率，除了品牌成长的方式、体制、渠道、价格、营销手段等，其物流运行网络体系是支撑品牌成长非常关键的一环。明确物流在销售网络建设与产业价值链中的作用，使得现代化烟草销售网络的建设更具战略意义。

“烟草物流是烟草行业的核心业务”，国家局局长姜成康在 2012 年全国烟草行业物流工作会议中指出，要实现烟草物流的不可替代，必须先构建自身核心竞争力^①。我国烟草商业企业应紧紧围绕“成本”“效率”和“服务”三个方面，开拓思维、创新模式，逐步建立自身优势，实现“卷烟上水平”。作为烟草物流体系终端环节的地级市烟草物流中心，负责按订单把成品卷烟配送给零售商户。卷烟配送路线规划决定了物流成本和配送效率，关系到企业经济效益实现和卷烟客户满意度的提高，关系到企业核心竞争力提升和生存、发展的大问题。

配送路线优化算法应能够在有限的时间内完成配送路径的计算，配送结果应使得资源使用最合理，提高配送速度，降低配送成本。卷烟配送路线优化具有特

^① 参见：http://www.chinadmd.com/file/xoc6e63porp6ue3tzevte6rs_1.html

殊的行业特点,对具有相似配送特点的其他行业的物流业务具有很好的参考价值。

1.2 研究现状综述

路线优化研究的核心问题,即 VRP (Vehicle Routing Problem, 车辆路径问题)。VRP 最早由 Dantzig 和 Ramser 于 1959 年首次提出^[1]。VRP 定义为:对一系列装载点和(或)卸货点,组织适当的行车路线,使车辆有序地通过它们,在满足一定的约束条件(如货物需求量、发送量、交发货时间、车辆容量限制、行驶里程限制、时间限制等)下,达到一定的目标(如路程最短、费用最少、时间尽量少、使用车辆数尽量少等)^[2]。VRP 具有相当大的经济价值和实用价值,因此近几十年来成为运筹学、组合优化、函数优化、机器学习等前沿领域的研究热点。

国外对 VRP 的研究较早,1983 年 Bodin 和 Golden 等人在研读 700 余篇有关文献的基础上对 VRP 研究现状进行了综述^[3]。VRP 被提出后,求解算法的计算复杂程度成为众学者研究的重点和难点。TSP (Traveling Salesman Problem, 旅行商问题)是 VRP 的特例,由于 Gaery 已证明 TSP 是 NP-hard 难题,因此 VRP 也属于 NP 难题^[4]。Lenstra 和 Rinnooy Kan 通过分析计算复杂性证明,几乎所有类型的 VRP 问题均为 NP-难题^[5]。

在 VRP 中,问题的算法与建立的模型密切相关,模型的建立与数据的确定性密切相关。依据数据的确定性,VRP 问题可分为确定性 VRP 和不确定性 VRP^[6]。确定性 VRP 是现实中最常见的类型,指客户的地理位置和确切需求信息均已知。不确定性 VRP 包括随机 VRP 和模糊 VRP 两种,指客户的需求是临时的随机的或无法给出准确的描述。

VRP 的求解算法成果很多,在确定性 VRP 问题中,究其实质,算法可分为精确算法和启发式算法两大类。

1、精确算法

精确算法基于严格的数学手段,可以用相应的数学模型表示并求出最优解,是较早用来解决 VRP 问题的算法。代表性的算法有割平面法、分支定界法、动态规划方法和网络流算法等^[7]。

Christofides 等人最先采用分支定界法求解 VRP 问题,随后 Laprote 等人采用

给定下界和分支定界相结合的算法, 利用 VRP 和其放松形式 m-TSP 间的关系, 将 m-TSP 转化为 1-TSP。该算法能够求解有 260 个点的 VRP^{[4] [8]}。

Balinski 等人最先提出集分割算法, 该算法直接在可行解集合的基础上进行优化, 算法简单, 但在不严格约束条件下需要非常大的计算状态空间。在此基础上, Rao 等人提出了一种列生成算法, 将最短路径算法结合分支定界法用来求解 VRP 问题^{[4][8][9]}。

Eilon 等人用动态规划法求解有固定车辆数的 VRP, 但仅在 VRP 问题规模较小时效果较好。Christofields 通过松弛状态空间, 极大的减少了状态数量^{[4][8][9]}。

精确算法引入严格的数学方法, 以时间和空间的复杂度为代价换取解的质量。随着配送规模的增加, 精确算法无法避开指数爆炸问题, 要想在有限时间内获得整个系统的最优解非常困难, 因此该算法往往应用在小规模的确定性 VRP 问题中。而当对解的要求只是满意解时, 可运用启发式算法对所建立的数学模型进行求解。

2、启发式算法

启发式算法是搜索或靠近最优解的一类算法, 通常能够在时间和空间复杂度以及解的质量中获得一个平衡。相比精确算法, 启发式算法在实际应用中更具有优势, 因此被越来越多的学者所采用和研究。

启发式算法分构造启发式算法、改进启发式算法和亚启发式算法三大类^{[7][10]}。各类启发式算法有其经典算法, 启发式分类表如表 1-1 所示:

表 1-1：启发式算法分支表

启发式算法	构造启发式算法	最近邻点法
		最近插入法
		节约算法
		sweep 算法
		两阶段算法
	改进启发式算法	k-opt 算法
		λ -interchange 算法
	亚启发式算法	禁忌搜索算法
		遗传算法
		模拟退火算法
		蚁群算法

1960 年至 1990 年间，学者们基于经典启发式算法的思想，提出许多解构造方法和解改进方法。这些算法的解空间十分有限，一般在较短的时间内可以求得满意解。

（1）构造启发式算法

构造启发式算法是一类基于直观或者经验来构造相对有效解的算法，它是最早用来求解 VRP 问题的近似算法。本质是根据特定规则，将尚未指定路线的客户插入到现有的已部分形成的路线中去，直到所有客户均已安排。代表性算法有 C-W 节约法、最近插入法、扫描法和两阶段算法。

① C-W 节约算法和最近插入法

1964 年，Clarke 和 Wright 在改进 Dantzig-Ramser 方法的基础上，提出 C-W 节约算法，这是一种较有效的启发式算法^[1]。该算法的核心思想是在车载量限制下，将最大节约值所对应的两个客户插入路径中，直至所有客户均已安排。节约算法是比较有效的初始启发式算法，可以用来解决不固定车辆配送路径问题，但其复杂程度较高，Nelson、Golden 和 Paessens 等人利用适当的数据结构成功降低了此算法的复杂度。节约法属于逐次逼近法的一种，计算简单快速且易于考虑各种实际问题，虽不一定能求得最优解，但可以高效地得到近似最优解^[2]。

最近插入法是 Rosenkrantz 和 Stearns 等人在 1977 年提出的一种用于解决 TSP 问题的算法，核心思想是以所有定点找最近的定点并插入路径中，循环往复直至

所有定点均被安排^[2]。

② 扫描算法

1974 年, Gillett 和 Miller 提出扫描算法^[12]。它采用逐次逼近的基本思路, 通过在平面图上旋转射线, 以车载量约束为限制将射线扫描过的需求点进行分组。扫描法不一定能求得最优解, 但能有效的求得问题的满意解, 当配送路线不太多且每条路线上的客户数目大体相同时, 扫描法求解非常有效^{[4][9][10]}。

③ 两阶段算法

Bramel 和 Simchi-Levi 等人提出两阶段启发式算法, 较好的解决了先分组后路线的问题^[13]。两阶段算法将整个构造的过程分为两阶段进行, 常用的有“先路径后分组算法”和“先分组后路径算法”。具体描述为: “先路径后分组算法”指, 先利用旅行商方法求出一条包含所有客户在内的配送路线, 然后根据一定的约束将路线划分为多条短而可行的路线; “先分组后路径算法”指, 先根据约束条件划分配送区域, 后利用旅行商方法在各配送区域内设计最优配送路线。两类方法求解次序不同, 计算结果也大不相同^[9]。研究表明, 第一类算法不能做到渐进最优, 因此目前绝大多数研究采用先分组后路径的两阶段算法。

虽然构造启发式算法简单易懂, 在求解速度上具有很大优势, 但在一些实际应用中, 解的质量达不到要求, 因此通常与改进算法相结合, 用来构造初始解。

(2) 改进启发式算法

改进型启发式算法大多是基于交换操作的算法, 可通过在路线内或者路线间交换客户或者在定义的解的邻域中搜索以得到新的解。改进启发式算法可以通过反复搜索邻域, 改进构造启发式算法得到的初始解, 从而得到较好的解, 代表性算法有 k-opt 算法和 λ -interchange 算法^[10]。

k-opt 算法最早由 Lin 等人于 1965 年提出, 是一种 TSP 的路径优化思想, 通过每次交换 K 条边改进给定的初始回路。随后, Or I 和 Renaud J 等人扩展出一系列 opt 算法用于求解 VRP。Osman 提出 λ -interchange 算法, 通过路线间交换部分客户来改进路线^{[9][10]}。

改进启发式算法的优点是可以较快得到最优解, 但运算时间会随着 k 值和 λ

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库